

молодёжной научно-практической конференции, проходящей в рамках Большого географического фестиваля «Моя Земля», 21 марта 2017 г., Екатеринбург // Ред. О.В. Янцер, Т.В. Ванюкова; ФГБОУ ВО Урал. гос. пед. ун-т – Екатеринбург, 2017. – 180 с.

3. Янцер О.В., Терентьева Е.Ю., Общая фенология и методы фенологических исследований: учебное пособие для студентов географо–биологического факультета. – Екатеринбург: УрГПУ, 2013 – 218 с.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ РАДИАЦИОННО-ИНДУЦИРОВАННОЙ АДАПТАЦИИ ДРОЖЖЕВЫХ КЛЕТОК *SACCHAROMYCES CEREVISIAE* НА ДЛИТЕЛЬНЫХ ИНТЕРВАЛАХ ВРЕМЕНИ**

*Коротовских О.И., Баранова А.А., Вазиров Р.А., Агданцева Е.Н.*

Уральский федеральный университет г. Екатеринбург, Россия

[Olkoriya@yandex.ru](mailto:Olkoriya@yandex.ru), [a.a.baranova@urfu.ru](mailto:a.a.baranova@urfu.ru)

**Аннотация.** Проведено исследование радиационно-индуцированной адаптации на дрожжевую культуру штамма *Saccharomyces cerevisiae*. Дрожжевая культура содержалась в питательной среде состава: 4% сахара, 96% дистиллированной воды, подсчет клеток осуществлялся при помощи камеры Горяева. Установлено, что наблюдается радиационно-индуцированный адаптивный ответ, проявляющийся в увеличении показателя полуметальной дозы, при последующем остром облучении в диапазоне доз 2-12 кГр, для клеток предварительно облученных адаптирующей дозой 10 сГр. Показано, что изменение радиорезистивности клеток наблюдается при интервале времени между адаптирующим и острым облучениями равным 2 и 4 недели. Для интервала времени 8 недель адаптивный ответ не сохраняется.

**Ключевые слова:** малые дозы, гормезис, радиационно-индуцированная адаптация, ионизирующее излучение.

## **STUDY OF RADIATION-INDUCED ADAPTATION OF YEAST CELLS OF *SACCHAROMYCES CEREVISIAE* ON LONG TIME INTERVALS**

*Korotovskikh O.I., Baranova A.A., Vazirov R.A., Agdantseva E.N.*

Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia

**Abstract.** There was made the research of radiation-induced adaptation for the yeast culture of the strain *Saccharomyces cerevisiae*. Yeast culture was contained in a nutrient medium and a cell's counting was carried out by using a Goryaev camera. The radiation-induced adaptation was observed the increasing of half-lethal doses for cells that was adapted by using a 10 cGy dose. It was found there is a radiation-induced adaptive response that manifested in an increase in the half-lethal dose. The increasing is observed by acute irradiation in the dose range of 2-12 kGy for cells that were previously irradiated with an adaptive dose of 10cGy. It is shown that the change in radioresistant cells observed in the time interval between adapting and acute exposures 2 and 4 weeks. The adaptive response is not preserved for an 8-week interval.

**Key words:** low doses, hormesis, radiation-induced adaptation, ionizing radiation.

На сегодняшний день одним из актуальных направлений в радиобиологии является изучение действия «малых» доз ионизирующего излучения на биологические объекты. Это связано с тем, что под влиянием ионизирующего излучения в малых дозах проявляется ряд эффектов, которые не наблюдаются при облучении в больших дозах. К таким эффектам относятся эффект гормезиса, адаптивный ответ, гиперчувствительность [1]. Данные эффекты приводят к изменению радиочувствительности биологического объекта и поэтому требуют детального исследования [2 – 5].

В настоящей работе проведено экспериментальное исследование адаптивной реакции популяции дрожжевых клеток на действие ионизирующего излучения в области «малых» доз на длительных интервалах времени (2 – 8 недель).

### **Объекты и методы исследования**

#### **1. Объекты исследования**

В качестве объекта исследования использованы винные дрожжи штамма *Saccharomyces cerevisiae*, относящиеся к классу грибов [6]. Винные дрожжи обладают более высокой спиртоустойчивостью по сравнению с другими видами дрожжей, а также способны подавлять ряд микроорганизмов во время сбраживания вина [7].

Биологические объекты содержались в питательной среде состава: 4% сахара, 96% дистиллированной воды. Разведение суспензии и дальнейшее выдерживание дрожжевых клеток в питательной среде осуществлялось при температуре 30<sup>0</sup>С. Для поддержания клеток в течение длительного времени в

стационарной фазе роста была разработана специальная методика обновления питательной среды.

## 2. Источники ионизирующего излучения

В качестве адаптирующего источника ИИ использовался радионуклидный источник  $^{137}\text{Cs}$  (энергия гамма-излучения радионуклида 0,662 МэВ). Варьирование мощности дозы осуществляется изменением расстояния от источника.

При повторном воздействии ИИ, которое называется повреждающим, использовался поток электронов, полученных на линейном ускорителе электронов модели УЭЛР–10–10С (изготовитель ООО «НПП «КОРАД»). [8]

Для определения поглощенной дозы и контроля облучения использовались дозиметры на основе сополимера с 4-диэтиламиноазобензоловым красителем СО ПД(Э)–1/10.[9]

## 3 Методика анализа выживаемости клеток

Для подсчета дрожжевых клеток и определения их выживаемости (т.е. изучения биологического эффекта действия ионизирующего излучения) использовался микроскоп «Микромед 3»

Для того чтобы отличить живые клетки от мертвых, использовалась методика окрашивания метиленовой синью. [6, 10]

Обработка результатов проводилась в программном пакете «MS Excel». При расчете погрешностей и определения статистической значимости результатов измерений использовалось распределение вероятностей Стьюдента. Погрешность рассчитывалась для доверительного интервала равного  $p = 0,95$ [11].

## Результаты и их обсуждение.

В ходе экспериментов был изучен адаптивный ответ на повторное облучение дрожжевых клеток ионизирующим излучением в большой дозе на длительных интервалах времени. Для этого была выведена контрольная группа дрожжей – №1, и группа, предварительно адаптированная малой дозой – №2. Адаптированная группа была помещена под источник  $\gamma$ -излучения  $^{137}\text{Cs}$  на 100 часов. Мощность адаптирующей (малой) дозы составила  $10^{-3}$  Гр/ч. Расчетная поглощенная адаптирующая доза составила 10 сГр[4]. Температура в процессе адаптации поддерживалась равной  $30 \pm 2^\circ\text{C}$ . Контрольный образец находился в таких же температурных условиях. Далее выдерживался заданный интервал времени между адаптирующим и острым облучениями: 2 недели, 4 недели, 6 недель и 8 недель.

Острое облучение проводилось на линейном ускорителе. Для получения желаемых доз на образцы выкладывалась защита из алюминиевых листов. Подсчет клеток осуществлялся в течение 30 минут после облучения. Выживаемость в группах оценивалась по отношению к образцам, не получавшим острое облучение, но находившихся в таких же температурных условиях. По результатам экспериментов был проведен расчет параметра ФИД (фактор изменения дозы) – это отношение равноэффективной повреждающей дозы с предварительной адаптивной дозой к повреждающей дозе без предварительного облучения, вызывающие падения уровня выживаемости на 50%.

Полученные кривые «Доза – эффект» приведены на рисунках 1 – 4.

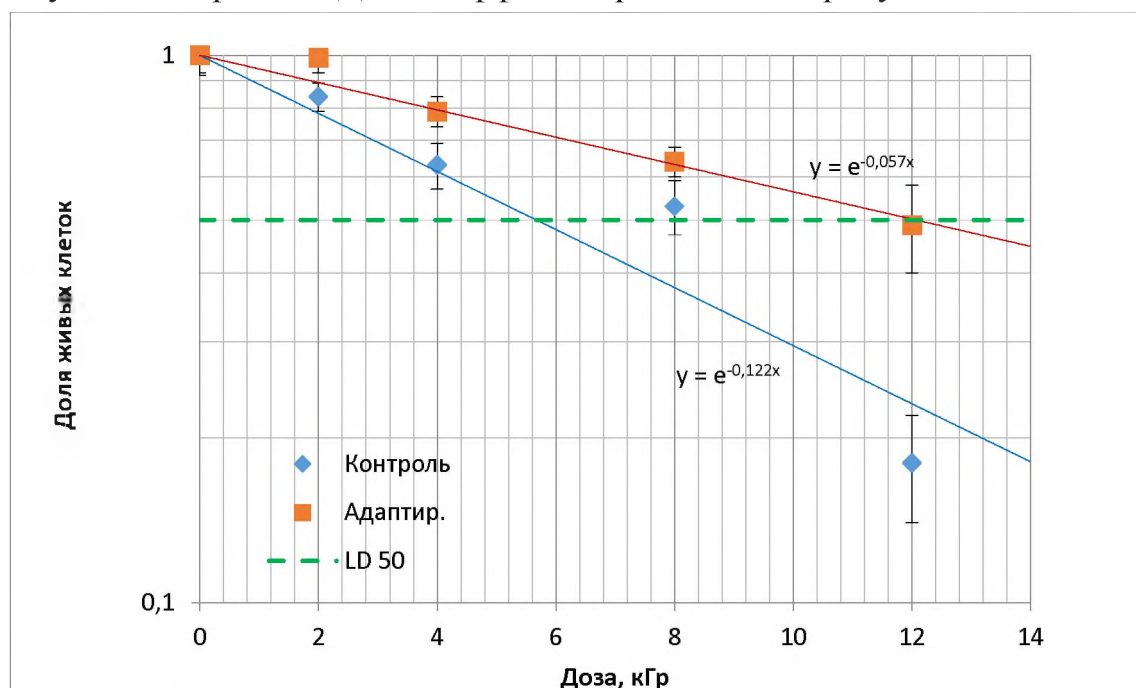


Рисунок 1 – Адаптивная реакция клеток с интервалом между адаптирующим и повреждающим облучением равным 2 недели

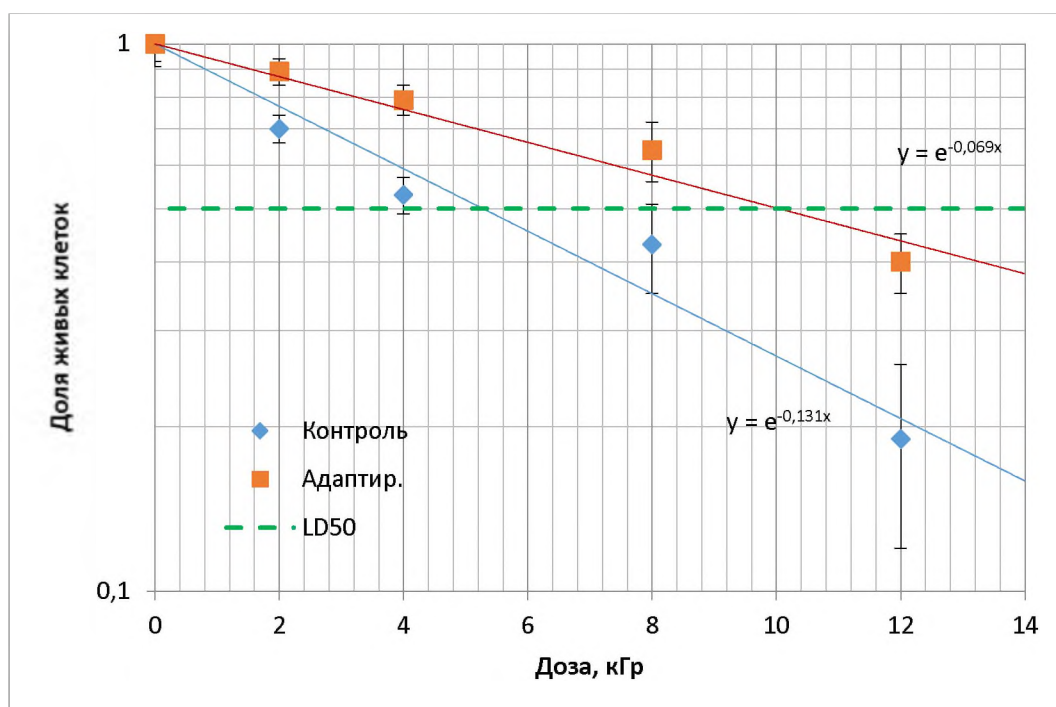


Рисунок 2 – Адаптивная реакция клеток с интервалом между адаптирующим и повреждающим облучением равным 4 недели

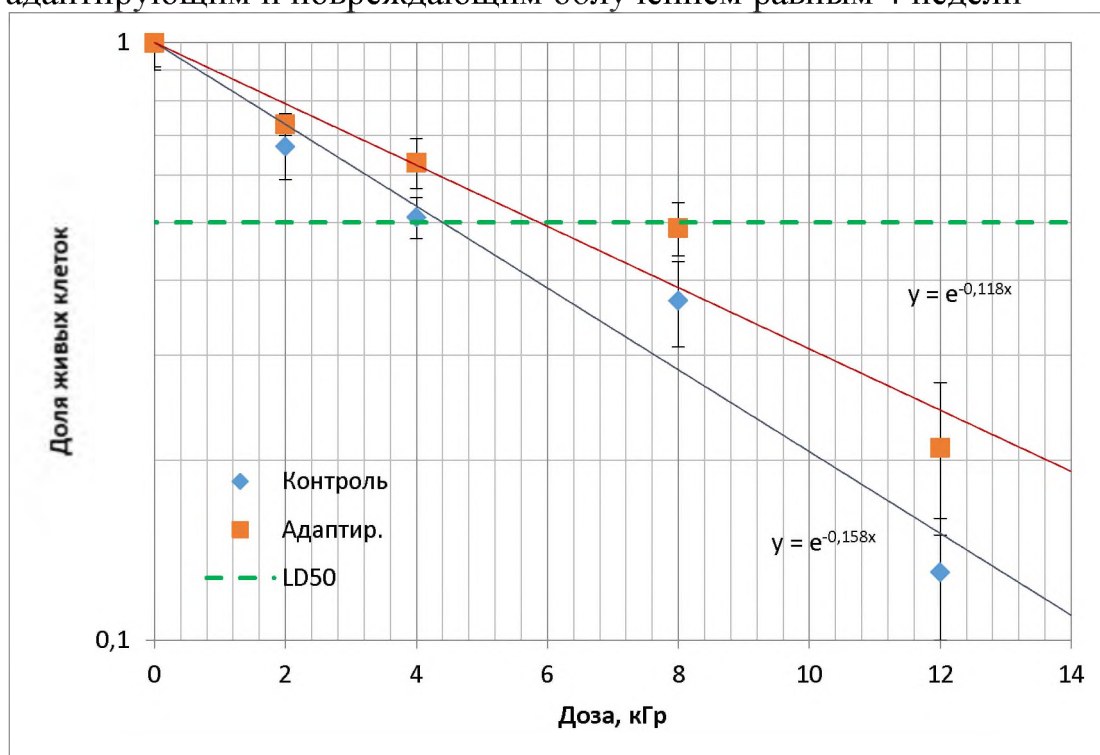


Рисунок 3 – Адаптивная реакция клеток с интервалом между адаптирующим и повреждающим облучением равным 6 недель

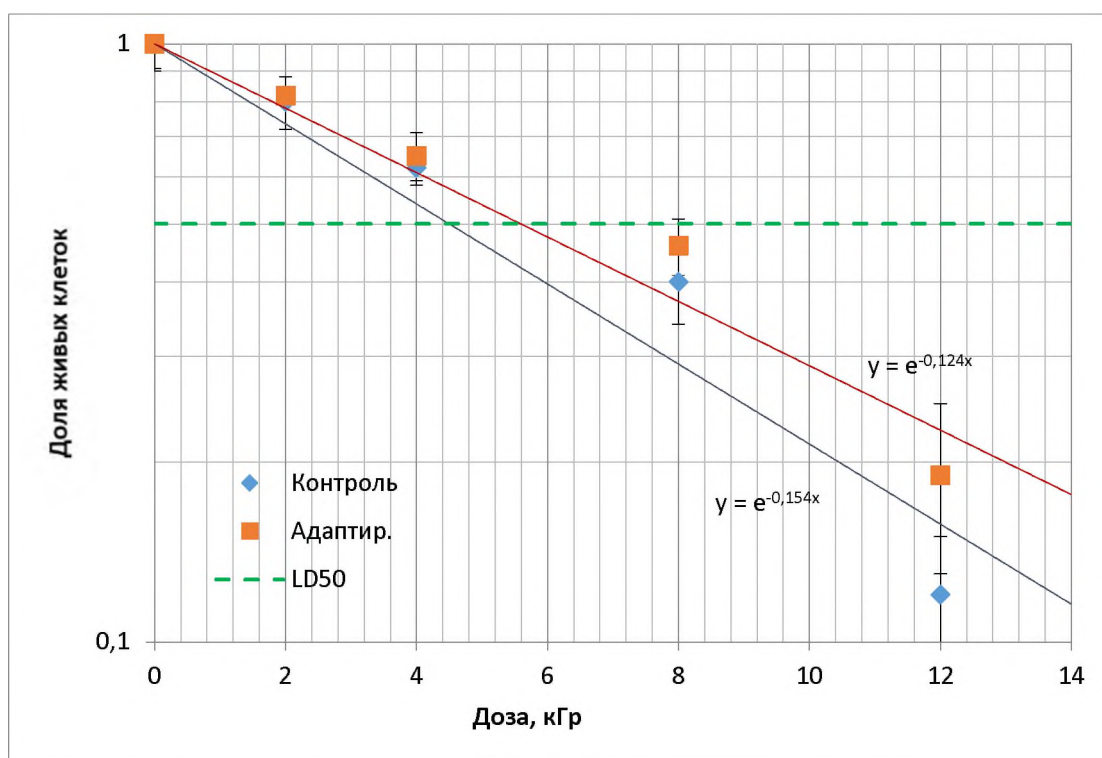


Рисунок 4 – Адаптивная реакция клеток с интервалом между адаптирующим и повреждающим облучением равным 8 недель

Полученные результаты свидетельствуют о проявлении адаптивного ответа у популяции дрожжевых клеток на действие ионизирующего излучения. Для интервала времени 2 недели и 4 недели наблюдается адаптивный ответ, оцениваемый по параметру ФИД. Для интервала 6 и 8 недель адаптивный ответ не сохраняется. Оценка результатов проводилась для  $p = 0,95$

Значения полулетальных доз и ФИД, оцененных по кривым «доза-эффект», приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Результаты исследования радиационно-индуцированной адаптации для разных интервалов времени между адаптирующим и повреждающим облучениями

	Время между адаптирующим и повреждающим облучением, недель							
	2		4		6		8	
Группа	№1	№2	№1	№2	№1	№2	№1	№2
LD50, кГр	6,0	12,0	5,2	10,0	4,2	6,0	4,8	5,8
ФИД, от.ед,	2,00		1,92		1,43		1,20	

Полученные данные свидетельствуют о наличии времени, после которого эффект радиационно-индуцированной адаптации не может быть зафиксирован при помощи подсчета выживших клеток и расчета параметра ФИД.

Облучение дрожжевых культур при изменении радиационного фона порядка 10 сГр приводит к радиационно-индуцированной адаптации, которая

может наблюдаться при повторном облучении образцов высокой – повреждающей дозой. Изменение радиорезистивности дрожжей после воздействия «малой» дозой сохраняется на длительные интервалы времени и может быть заметным через 4 недели после облучения в «малой» дозе. Через 2 недели после облучения в «малой» дозе ФИД равен 2,0, т.е. биологический ответ снижается в 2 раза.

This work was performed with in a support of the Russian Science Foundation project [16-16-04038].

#### Список литературы

1. Петин В.Г. Некоторые эффекты радиационного гормезиса бактериальных и дрожжевых клеток / И.И. Морозов, Н.М. Кабакова, Т.А. Горшкова // М.: – 2003. – Т. 43, № 2. – с. 176-178.
2. Ивановский Ю.А. Радиационный гормезис. Благоприятны ли малые дозы ионизирующей радиации? / Ю.А. Ивановский // Владивосток: Вестник ДВО РАН. – 2006. – №6. – с.86-91.
3. Серебряный А. М. Радиационный адаптивный ответ как стресс-реакция клетки/А.М. Серебряный // М.: Радиационная биология. Радиоэкология. – Т. 21. – 2011. – №4. – с.399-404.
4. Богданов И.М Проблема оценки эффектов воздействия «малых» доз ионизирующего излучения / И.М. Богданов, М.А. Сорокина, А.И. Маслюк // Томск: Бюллетень сибирской медицины. – 2005. – № 2. – с. 145-151.
5. Сафонова В.Ю. Биологическое влияние малых доз радиации, аспекты безопасности/В.Ю. Сафонова, В.А. Сафонова // Биологические науки. – с. 308-310.
6. Горшкова, Т. А. Особенности проявления адаптивной реакции дрожжевых клеток на действие ионизирующего излучения [Текст] / Т. А. Горшкова, Л. Н. Комарова, Н. М. Кабакова, В. Г. Петин – Москва: Тез.докл. Пятый съезд по радиационным исследованиям.– 2006. – Т. 1. – с. 144
7. Меледина, Т. В. Дрожжи *SACCHAROMYCES CEREVISIAE* морфология, химический состав, метаболизм: Учеб.пособие [Текст] / Т. В. Меледина, С. Г. Давыденко. – СПб.: Университет ИТМО, 2015. – 88 с.
8. Техническое описание линейного ускорителя электронов модели УЭЛР – 10 – 10С2 для ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна, Устройство и работа ускорителя [Текст] / – СПб.: ООО «НПП «КОРАД»– 2013

9. Государственная система обеспечения единства измерений. Поглощенные дозы фотонного и электронного излучений при установлении стерилизующей и максимальной допускаемой дозы для медицинских изделий, подвергаемых радиационной стерилизации // Москва – 2016

10. Ахметова В.Р. Однореакторный синтез и ростостимулирующая активность в отношении *saccharomycescerevisiae* насыщенных N,S-гетероциклов / В. Р. Ахметова, Р. А. Зайнуллин, Р. Р. Хайруллина, Г. Р. Хабибуллина, Р. В. Кунакова // Уфа: Башкирский химический журнал. – 2014. – Т.21. – №4. – с.143-149.

11. Горлач В.В. Обработка, представление, интерпретация результатов измерений / В.В. Горлач, В.Л. Егоров, Н.А. Иванов Учеб.пособие – Омск: – 2006. – 85с

## **ВЛИЯНИЕ АКТИВАТОРА МИОЗИНА ОМЕКАМТИВ МЕКАРБИЛ НА АКТИН-МИОЗИНОВОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ В ЖЕЛУДОЧКАХ И ПРЕДСЕРДИЯХ**

<sup>1</sup>Кошечева О.И., <sup>2</sup>Ощепкова В.Ю., <sup>1</sup>Шаринов М.Р., <sup>2</sup>Щепкин Д.В., <sup>2</sup>Копылова Г.В.

<sup>1</sup>Уральский федеральный университет, <sup>2</sup>ИИФ УрО РАН г. Екатеринбург, Россия  
[nastya.puzanova.97@mail.ru](mailto:nastya.puzanova.97@mail.ru), [serkov.s.a@mail.ru](mailto:serkov.s.a@mail.ru)

**Аннотация.** Сердечная недостаточность (СН) сопровождается снижением сократительной функции желудочков сердца, связанным с ингибированием актин-миозинового взаимодействия. Новым подходом компенсации потери сократимости желудочков при СН является модулирование функции миозина с помощью фармацевтических эффекторов, одним из которых является омекамтив мекарбил (ОМ). ОМ увеличивает генерацию силы сердечного миозина. Ничего не известно о модулировании функции миозина предсердий, который отличается от миозина желудочков функциональными особенностями. Мы исследовали влияние ОМ на актин-миозиновое взаимодействие в миокарде желудочков и предсердий, используя *in vitro* подвижную систему (ИПС) и миозин,